



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

La cocina del futuro: Conceptualización de una impresora de comida 3D y el diseño de su interfaz.

The future kitchen: Conceptualization of a 3D food printer and the interface design.

Autor

Hugo Ian Lázaro Lasaosa

Director

Diego Gutiérrez Pérez

Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto  
Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2020

## La cocina del futuro: Conceptualización de una impresora de comida 3D y el diseño de su interfaz.

# Resumen

Este proyecto surgió a partir de una de las colaboraciones que realiza la empresa BSH con la universidad de Zaragoza. La empresa lleva años desarrollando la cocina del futuro y existía una propuesta de trabajo de fin grado para desarrollar nuevas ideas junto a ellos.

Tras plantear varias ideas, se decidió por el desarrollo de la impresora de comida 3D del futuro. En este caso, el proyecto se ha realizado de forma autónoma e independiente a BSH

El inicio del trabajo se realizó mediante una fase de investigación. En primer lugar, a través de la realización de una encuesta de usuario. Gracias a esta, se recopiló, entre otras cosas, información acerca del conocimiento e interés de la población sobre la impresión de comida 3D. Después, se llevó a cabo un estudio de mercado de los productos de impresión 3D más relevantes del mercado. Este análisis ayudó a saber la situación actual en cuanto a desarrollo y funcionalidades de las impresoras de comida 3D.

A continuación, se realizó una entrevista a Iñaki Muñoz, ingeniero técnico industrial creador de Nahia, una impresora de comida 3D dentro de un horno industrial. Mediante la entrevista se logró más información acerca de la impresión de comida 3D, concretamente en el mercado español. Tras el estudio de mercado, se analizaron dos empresas centradas en la creación de carnes alternativas con la tecnología de impresión 3D.

Seguidamente se persiguió la idea de crear una forma de control de la interfaz innovadora, que terminó dirigida al desarrollo de controles gestuales para el control de la interfaz de la impresora. Para ello, previamente se elaboró un gran análisis de varios productos y proyectos que cuentan con controles por gestos.

Por último, en esta primera fase de investigación se analizaron varias propuestas de interfaces futuristas y de diseño gráfico moderno para interfaces. Todo esto sirvió como base para el posterior desarrollo de la interfaz para una futura impresora de comida 3D.

A partir de la investigación general, se desarrollaron los controles gestuales básicos para una interfaz. Con la ayuda de estudios ergonómicos, se analizaron los controles estudiados en la investigación y se diseñaron los controles gestuales. Después, tras examinar la psicología del color y la usabilidad web, se comenzó a diseñar la interfaz. Primero se hicieron bocetos de las ideas, se generó un prototipo a papel y se sometió a un test de usuario para detectar fallos y proponer mejoras. Tras esto, se diseñó la interfaz a ordenador.

Con los diseños a ordenador elegidos se realizó un primer prototipo funcional, tras lo cual se volvieron a detectar los problemas y posibles mejoras de la interfaz.

Se hizo un nuevo estudio visual de la interfaz para hacer una más innovadora. Tras aplicar los cambios y mejoras, se realizó un nuevo prototipo funcional a ordenador.

Por último se aplicó todo lo aprendido para conceptualizar la estética de una impresora de comida 3D del futuro. Se realizaron varios bocetos con las distintas ideas para terminar seleccionando una. Se realizó un render 3D integrado en una cocina junto a la explicación del concepto. Finalmente, se recopilaron las funcionalidades consideradas esenciales para la impresora de comida 3D del futuro, para que el producto tenga el valor suficiente para destacar en el mercado.

# Índice

<b>1. Introducción</b>			
1.1 Descripción y objetivos	4	3.1.1 Introducción	16
1.2 Metodología	4	3.1.2 Diseño de gestos	17
1.3 Planificación	5		
<b>2. Fase 1</b>		<b>3.2 Diseño de la interfaz</b>	
2.1 Encuesta de usuario	6	3.2.1 Introducción	19
2.2 Entrevista a Iñaki Muñoz		3.2.2 Desarrollo de la interfaz	19
2.2.1 Introducción	7		
2.2.2 Conclusiones	8	<b>4. Fase 3</b>	
2.3 Estudio de mercado		4.1 Prototipo inicial	22
2.3.1 Introducción	8	4.2 Pantallas principales	23
2.3.2 Conclusiones	9	4.3 Conclusiones	24
2.4 Tendencia a un consumo sostenible		<b>5. Fase 4</b>	
2.4.1 Introducción	10	5.1 Rediseño	
2.4.2 Impresión 3D de carnes alternativas	11	5.1.1 Nuevo estudio visual	25
2.4.3 Conclusiones	12	5.1.2 Problemas en la usabilidad	25
2.5 Estudio de interfaces: Los controles		5.1.3 Cambios y mejoras	25
2.5.1 Introducción	13	5.2 Prototipo final	27
2.5.2 Conclusiones	13	5.2.1 Pantallas principales	28
2.6 Estudio de interfaces: Diseño gráfico	14	5.2.2 Conclusiones	29
2.7 Conclusiones generales de la fase 1	15	5.3 La impresora	
<b>3. Fase 2</b>		5.3.1 Conceptualización visual	30
3.1 Diseño de los controles gestuales		5.3.2 Concepto visual final	31
		5.3.3 Funcionalidades de la impresora	32
		<b>6. Conclusiones</b>	<b>33</b>
		<b>7. Bibliografía</b>	<b>34</b>

# 1. Introducción

## 1.1 Descripción y objetivos

Este trabajo surge a partir de una de las colaboraciones que realiza la empresa BSH con la universidad de Zaragoza. La empresa lleva años desarrollando la cocina del futuro y existía una propuesta de trabajo de fin de grado para desarrollar nuevas ideas junto a ellos.

Tras plantear algunas propuestas, escogí el desarrollo de la impresora de comida 3D del futuro. En este caso el proyecto se ha realizado de forma autónoma e independiente a BSH.

Actualmente las impresoras de comida 3D que hay en el mercado no cumplen con las expectativas que se podrían esperar de un producto de estas características. Se están desarrollando las primeras propuestas en este sector y aún falta bastante desarrollo para conseguir productos que aporten muchas funcionalidades. Además, debemos advertir el elevado precio de estos mismos modelos.

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto consiste en la conceptualización de cómo podría ser una impresora de comida 3D en un futuro aproximado de 5 a 20 años. Se van a aportar ideas de qué funciones podría tener un aparato así que generen un interés de compra a un público más diverso. Además se pretende desarrollar una interfaz intuitiva e innovadora que represente las distintas funciones del producto.

El alcance del proyecto consiste en el desarrollo de un prototipo de la interfaz que represente la funcionalidad de la impresora tras haber desarrollado distintas ideas y conceptos visuales de la impresora. Para crear dicho prototipo se presentarán distintas ideas para la interfaz que se irán evaluando con distintos test de usuario.

## 1.2 Metodología

Se han empleado distintas herramientas para el desarrollo del prototipo, entre ellas nos encontramos con:

- Google Forms, para la realización de encuestas.
- Procreate, para el desarrollo de la iconografía y bocetaje de la interfaz.
- Figma, para el desarrollo de las pantallas de la interfaz y los prototipos.
- Prototipado a papel para hacer test de usuario.

### FASE 0 - INTRODUCCIÓN Y PLANIFICACIÓN

Se expone la introducción, objetivos y la planificación del proyecto.

### FASE 1 - ANÁLISIS Y DOCUMENTACIÓN

El proyecto comenzará con un estudio de usuario para saber el conocimiento actual sobre este tipo de productos y sus posibles intereses. Se analizará y documentará el mercado y desarrollo de las impresoras de comida 3D del mercado. Se hará un estudio de las interfaces actuales y del estado actual del control gestual. Con las conclusiones se avanzará a la siguiente fase para aplicar lo aprendido.

## FASE 2 - GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE IDEAS

Con los análisis anteriores se conceptualizarán y desarrollarán las funcionalidades y el diseño de la interfaz. Se realizarán bocetos para las distintas ideas, pantallas e iconografía de la interfaz.

## FASE 3 - PROTOTIPADO DE LA INTERFAZ Y TEST DE USUARIO

Con un primer diseño en papel de hará un test de usuario para reconocer problemas y aportar cambios o posibles mejoras a la interfaz. Se generará un primer prototipo para poner a prueba lo aprendido en cuanto al estudio de la usabilidad y del diseño innovador de la interfaz.

## FASE 4 - DESARROLLO FINAL

Tras el primer prototipo se analizará en busca de fallos y mejoras para dar lugar a otro prototipo más pulido. Se expondrán los resultados finales del trabajo.

## 1.3 Planificación

Este proyecto se ha distribuido desde Febrero a Septiembre de 2020 (*ver Figura 1*).

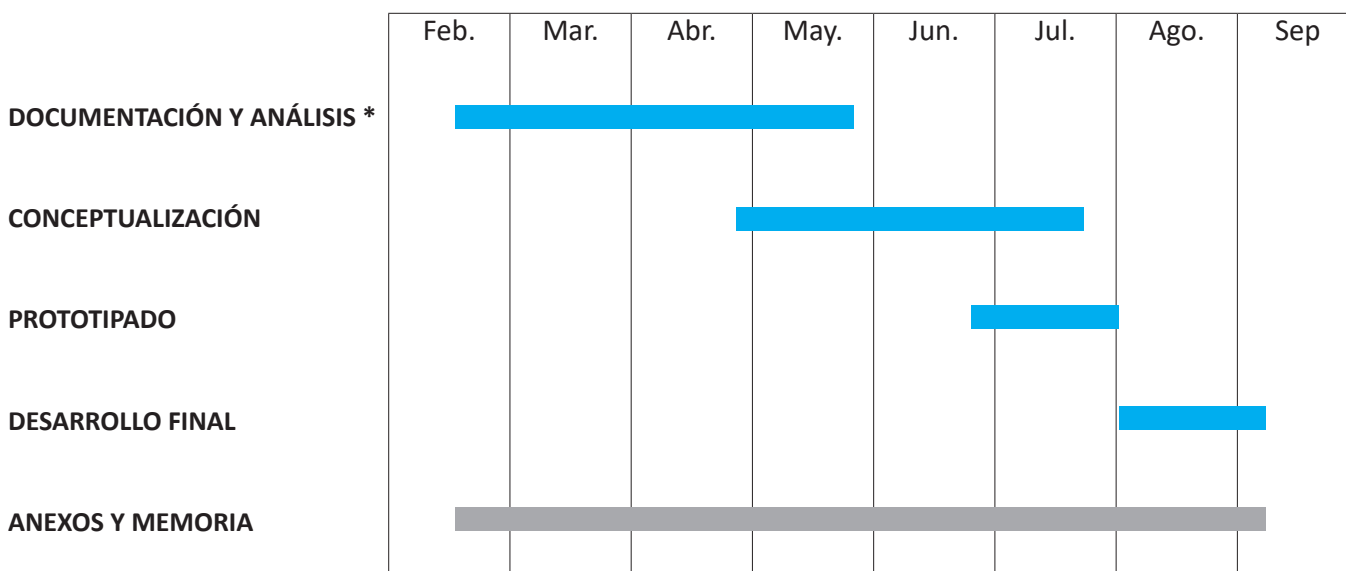


Figura 1. Planificación del proyecto

\*La parte de documentación y análisis se extendió tanto en el tiempo por ser el periodo con mayores complicaciones debido al Covid-19 .

## 2. Fase 1

### 2.1 Encuesta de usuario

Después de lanzar una primera encuesta y tras analizar que elementos debían ser corregidos, se llevo a cabo una encuesta revisada a 126 usuarios, testada previamente con 5 usuarios. La finalidad de la encuesta era saber el conocimiento de la población acerca de las impresoras de comida 3D y ver cuáles son sus intereses actuales sobre este producto. Para comenzar la encuesta se expuso una breve explicación, que pudiese ser entendida por usuarios sin conocimientos del tema y se añadió un ejemplo de una impresora de comida 3D actual. Tras obtener los resultados, se realizó un primer análisis general y posteriormente se cercaron estos resultados por grupos de edad.

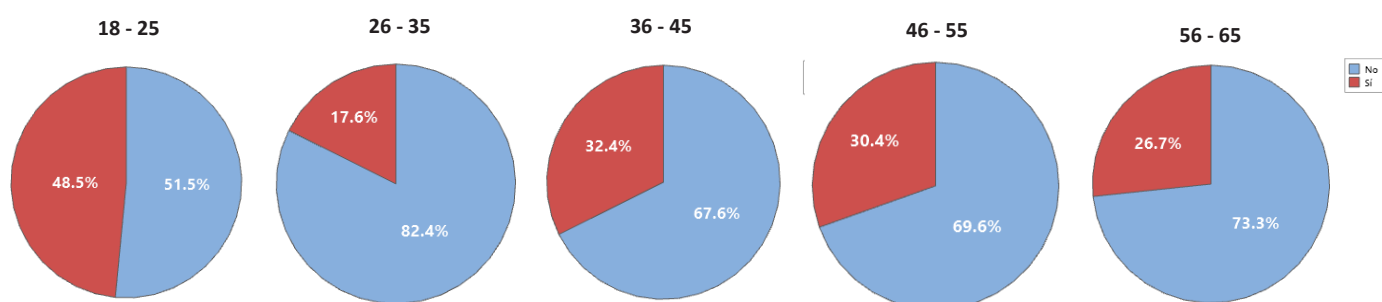


Figura 2. Respuestas a la pregunta "¿Sabía que ya hay impresoras 3D destinadas ala comida?", separadas por grupos de edad

Como podemos ver en los gráficos (ver Figura 2) en el grupo de gente más joven (18 a 25 años) es donde nos encontramos con un mayor porcentaje de personas con conocimiento de la existencia de las impresoras de comida 3D, siendo aun así menor al 50%. Esto nos indica que hace falta inversión en la impresión de comida y en su difusión, para que cree se un interés general y se consigan suplir necesidades de la población.

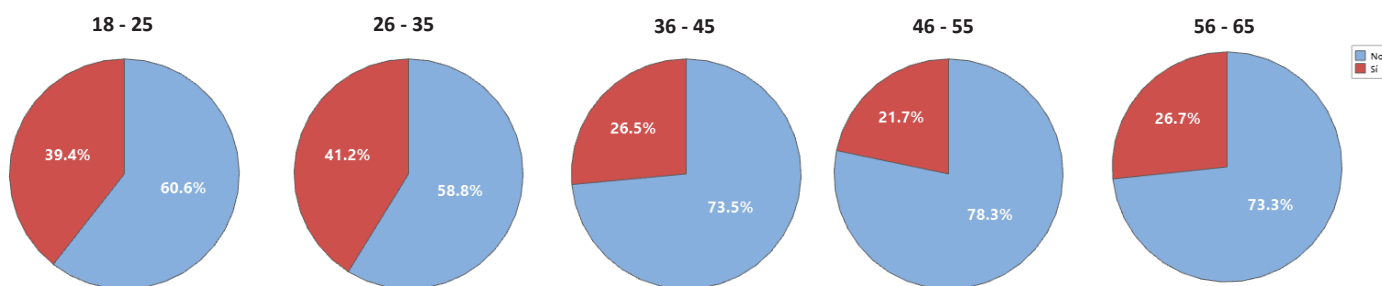


Figura 3. Respuestas a la pregunta "¿Tendría interés en adquirir una en el futuro?", separadas por grupos de edad

En cuanto a los grupos más interesados (ver Figura 3) son los dos primeros, , que abarcan la franja de edad desde los 18 a los 35 años, con porcentajes muy parecidos (en torno al 40%) en el resto de grupos solo hay interés en torno a 1/4 de los encuestados. Los porcentajes de conocimiento y los de interés de compra son muy similares, lo que nos muestra que un aumento en el desarrollo y publicidad de estos productos podría llegar a abarcar una mayoría de potenciales usuarios.

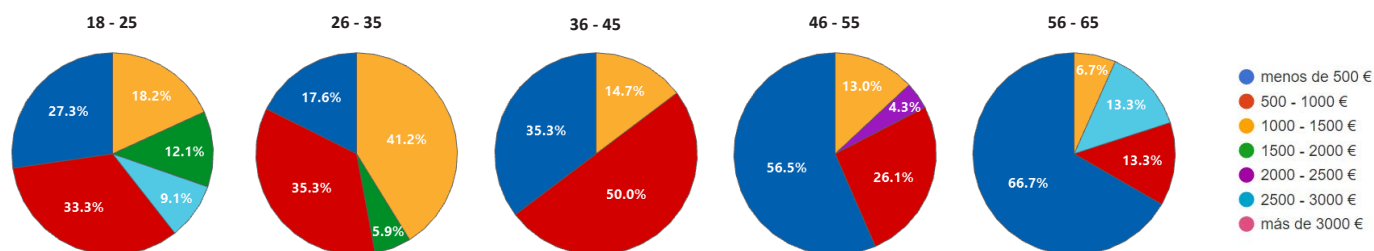


Figura 4. Respuestas a la pregunta “¿Cuánto estaría dispuesto a pagar?”, separadas por grupos de edad

Respecto al precio que se cree razonable, en los 3 primeros grupos nos encontramos con una mayoría de porcentaje de precios superiores al mínimo (ver Figura 4).

Los resultados analizados sugieren que el desconocimiento de estos productos son la razón del bajo interés de compra y de la elección de precios más bajos. Pero este análisis nos lleva a pensar de forma positiva que, con el debido desarrollo e inversión en difusión, se podría abarcar una gran cantidad de usuarios interesados. Este dato se demuestra con el porcentaje similar de conocimiento-interés.

Esta información se encuentra detallada en el “Anexo”, pág. 8.

## 2.2 Entrevista a Iñaki Muñoz

### 2.2.1 Introducción

Iñaki Muñoz es un ingeniero técnico industrial con 20 años de experiencia en la refrigeración industrial. En lo que refiere a la impresión de comida 3D es el creador de la empresa Oskook.

*Nahia* (ver Figura 5), es el nombre del producto que desarrolló, una impresora de comida dentro de un horno profesional. Tiene forma de prisma hexagonal y pueden colocarse en forma de panel si se requiere de una mayor producción. Las materias primas que usa para crear los platos son pastosas y líquidas. Entre ellas encontramos algunas como el chocolate, queso, masa de pan o clara de huevo, dando como resultado un producto cocinado o precocinado. Tiene la capacidad de variar la temperatura y humedad para freír, cocer, deshidratar y congelar, pudiendo combinar estos procesos.

Contacté con él y pude entrevistarle con la finalidad de conocer la situación actual de las impresoras de comida 3D, concretamente en el mercado español. Además, gracias a su experiencia en el sector, pude obtener posteriormente algunos de los puntos clave que deberían tener las impresoras de comida 3D para poder tener mayor posibilidad de éxito en el mercado.



Figura 5. Nahia, impresora de comida 3D dentro de un horno profesional

## 2.2.2 Conclusiones

A raíz de la entrevista realizada a Iñaki Muñóz, se alcanzaron las siguientes conclusiones en lo que concierne al ámbito de la impresión de comida 3D:

- Actualmente, es necesaria una gran inversión en los proyectos de impresión de comida 3D para que se pueda llegar a desarrollar un producto tangible. Es imprescindible que se desarrolle un producto atractivo que resuelva problemas.
- Una de las posibilidades de desarrollo más prometedoras es la dosificación de medicamentos en los alimentos impresos. Sin embargo, actualmente en España la legislación no lo permite.
- Las impresoras de comida 3D en la actualidad son muy limitadas y casi todas sirven para hacer detalles y decoraciones, no platos complejos.
- Estos productos generalmente imprimen comida en cámara abierta, por lo que no se puede controlar ni la temperatura ni la humedad del entorno en el que se produce la impresión. Según los alimentos con los que se trabaje, esta impresión en cámara abierta puede generar problemas a la hora de producir un modelo.
- Los tiempos de operación para producir las impresiones son demasiado largos.
- Otras oportunidades de desarrollo nombradas son resolver problemas tan importantes como la disfagia y la alimentación infantil. Con la impresión de formas atractivas a base de alimentos naturales se podría conseguir que los niños comiesen platos que de otra forma no serían de su interés. En el caso de la disfagia, el planteamiento es similar. Las personas mayores que sufren dicha enfermedad terminan perdiendo el apetito y no consiguen los nutrientes que necesitan debido al efecto que les produce poder alimentarse únicamente de platos blandos. Con la impresión de comida se podrían realizar platos con estética similar a productos sólidos, además de usar mezclas más apetitosas.
- Es imprescindible una gran inversión en el desarrollo de recetas y alimentos para la impresión de comida 3D. Para ello es preciso trabajar con profesionales de la cocina o de otros ámbitos relacionados con los alimentos, como, por ejemplo, químicos o profesionales de tecnología de los alimentos.

Esta información se encuentra detallada en el “Anexo”, pág. 14.

## 2.3 Estudio de mercado

### 2.3.1 Introducción

Se hizo un amplio análisis de las impresoras de comida en 3D más relevantes que existen en la actualidad. Además de analizar sus capacidades también se examinaron las aplicaciones de cada impresora. De esta forma, se pudieron sacar ciertas conclusiones acerca de las limitaciones que tienen estas impresoras hoy en



día. Así pues, estos vacíos en el concepto de la impresora de comida 3D ayudaron a poder saber qué funcionalidades son las más interesantes y cuáles debería incluir una impresora de comida 3D en el futuro con el fin de poder llegar a ser relevante en el mercado. Se realizó una tabla (ver Figura 6) para comparar las distintas impresoras de comida 3D analizadas.

		Precio (€)	Tamaño Impresión (mm)	Velocidad (mm/s)	Varios alimentos	Varios materiales a la vez	Pantalla	Portabilidad
<div>POSITIVO</div> <div>REGULAR</div> <div>NEGATIVO</div>	Natural machines Foodini	3658	257 (Ø) x 110	—	SÍ	SÍ	SÍ	NO
	Print2Taste Mycusini	398	105 x 105 x 70	—	NO	NO	NO	NO
	byFlow Focus	3900	208 x 228 x 150	60	SÍ	NO	NO	SÍ
	Choc Edge Choc Creator V2 Plus	1915	180 x 180 x 40	7 - 22	NO	NO	SÍ	NO
	Structur3D Discov3ry 2.0	1190 (+ impresora)	(Depende impresora)	30 - 300 (Depende impresora)	SÍ	NO	(Depende impresora)	NO
	MMuse Touchscreen	5225	160 x 120 x 150	30 - 60	NO	NO	SÍ	NO
	Print2Taste Procusini 4.0	2362 (simple) 3314 (dual)	250 x 150 x 100	—	SÍ	NO (Simple) SÍ (Dual)	NO	NO
	Wiiibox Sweetin	1843	95 x 80 x 90	15 - 70	SÍ	NO	SÍ	NO

Figura 6. Tabla comparativa de la impresoras de comida 3D

## 2.3.2 Conclusiones

Tras la realización del estudio de mercado se sacaron las siguientes conclusiones:

- La mayoría de ellas están destinadas a trabajar con alimentos dulces, sobre todo destacan las impresoras que únicamente trabajan con chocolate. Esto reduce mucho sus posibilidades y sus probabilidades de llegar a un público mayor.

- Las que permiten el uso de recetas caseras, de distintos alimentos, añaden mayor valor al producto y a sus posibilidades. Rompen con la gran limitación de centrarse en un solo sector de la cocina. Aunque los problemas que presenta esta opción es que las recetas al no estar desarrolladas especialmente para su impresión, suelen generar problemas con la extrusión, además de limitar las capacidades de construcción de los modelos. La velocidad y la presión de extrusión son factores muy determinantes a la hora de conseguir los resultados deseados, aparte el grado de viscosidad y homogeneidad de la mezcla también son factores que condicionan los resultados. Por eso algunos de los modelos proponen recetas a preparar, ya testadas para su uso o venden ellos mismos el alimento de impresión, para conseguir los resultados óptimos. El problema de los preparados que venden es que suelen tener precios muy altos que rompen gran atractivo del producto.

- Otra característica que hace destacar a algunas impresoras por encima de otras, es la impresión a cámara cerrada. Con este tipo de impresión se consigue poder controlar la temperatura y humedad, factores muy importantes cuando se utilizan alimentos sensibles a ellos, como puede ser el caso del chocolate. Otra de las ventajas de poseer una cámara cerrada donde imprimir es que se podría incorporar una función de horno en la impresora. Esto permitiría cocinar los alimentos simultáneamente o después de que se impriman. Igualmente, se podría utilizar para mantener un plato en la temperatura deseada para justo antes de ser consumido. Como en el caso de Nahia, la impresora dentro del horno profesional diseñada por la empresa Oskook, creada por Iñaki Muñoz. Su producto era capaz de ser usado como horno mientras se está imprimiendo, además de poder refrigerar para la preparación de platos en frío.

- En cuanto a la capacidad de alimento de impresión que pueden almacenar, están muy limitadas. En los peores casos hayamos impresoras que no tienen la función de parar una impresión si se quiere cambiar o recargar el alimento. Esto limita mucho las capacidades del producto y le hacen perder mucho valor. Por otra parte, se han analizado impresoras donde sí existen mejoras en este aspecto, permitiéndonos de este modo parar para recargar o incluso cambiar el alimento para experimentar. Aun así, la capacidad tan restringida de alimento hace que los modelos a imprimir estén limitados en tamaño o que se tenga que recargar varias veces el alimento. Hay un modelo que permite recargar el alimento sin parar la impresión, sin embargo, por otra parte, está condicionado a usar solamente un tipo de alimento.

-- Sobresalen las impresoras con la capacidad de imprimir modelos con distintos alimentos. Si se quiere conseguir un producto atractivo capaz de resolver necesidades, debemos señalar este requisito como indispensable para una impresora de comida en 3D en el futuro.

- Los precios son muy elevados si se tiene en cuenta lo limitadas que se encuentran actualmente estas impresoras. En la actualidad resulta complicado pensar un contexto en el que lleguen a ser un producto popular. Para lograr que puedan tener éxito son necesarias grandes inversiones en el desarrollo de las impresoras y sus funcionalidades, así como en el desarrollo de recetas y alimentos que puedan lograr mayor complejidad estructural.

Esta información se encuentra detallada en el “Anexo”, pág. 19.

## 2.4 Tendencia a un consumo sostenible

### 2.4.1 Introducción

En los últimos años los sustitutos de los productos animales están viendo su demanda crecer de forma exponencial. A continuación, se exponen algunas de las más grandes razones por las que se está produciendo este cambio:

La primera razón se debe a motivos medioambientales. Siendo tan numerosa la población mundial y con la enorme demanda de productos animales, no hay forma tangible de producir de forma limpia y sostenible las cantidades requeridas. Por esta razón, para suplir la demanda se llevan a cabo prácticas altamente destructivas, siendo la agricultura animal responsable de un consumo desmesurado de recursos.

Otras de las razones por las que está aumentando la demanda de alternativas es por temas relacionados con la salud y razones éticas.

Además, debido a las condiciones de hacinamiento y a las prácticas que se someten a los animales en la ganadería industrial, nos encontramos con entornos masivamente afectados por bacterias y virus. A causa de esto se hace un uso continuo de antibióticos, lo que está acelerando la generación de bacterias con resistencia a éstos.

Ante esta situación ya hay varias empresas que están investigando y desarrollando acerca de la producción de carne de laboratorio. Mediante la extracción de células madre de animales, éstas se cultivan para multiplicar el número de células hasta formar pedazos de carne. Las ventajas de esta opción son el gran ahorro de recursos naturales necesarios para su producción, además de obtener beneficios para la salud como el no consumir las toxinas que producen los animales cuando van a ser sacrificados.

Las alternativas que más terreno están ganando son los productos de imitación basados en plantas. Estos productos llevan existiendo muchos años, pero se han distribuido siempre en comercios muy especializados (como herboristerías y dietéticas) y el parecido con los productos animales generalmente es muy deficiente. Pero en estos últimos años han aparecido nuevas empresas con productos rompedores, como es el caso más famoso de la empresa Beyond Meat, la cual, tras debutar el 2 de mayo de 2019 en Wall Street, disparó sus acciones un 163%. Entre los accionistas más famosos se encuentran Bill Gates y Leonardo DiCaprio.

### 2.4.2 Impresión 3D de carnes alternativas

Redefine Meat es una startup de origen israelí que anunció a principios de julio de 2020, haber creado el primer filete basado en plantas con tecnología de impresión 3D (*ver Figura 7*). Tras el feedback positivo de chefs de alto nivel y carniceros, anunciaron que aumentarán la producción de las impresoras de carne 3D, además de formular nuevas recetas de carnes alternativas antes de la distribución en el mercado en 2021.

La compañía desarrolló tecnología para la impresión 3D sustitutos de carne de forma industrial, utilizando formulaciones con ingredientes de origen vegetal. Sus máquinas pueden imprimir varios materiales a la vez (*ver Figura 8*) por lo que Redefine Meat afirma poder crear filetes sostenibles, ricos en proteínas y sin colesterol, manteniendo la imagen, cocinado y sabor de la carne de res.

Con la impresión de las alternativas cárnicas no se centran en crear la forma, si no que crean macroestructuras que pueden combinar la textura con el sabor deseados, además de otros parámetros sensoriales requeridos.

Para conseguir una adopción en masa de sus productos sabían que tenían que garantizar gran calidad y composición nutricional, con ello han tenido que desarrollar tecnologías y procesos de producción que no han sido vistos antes en la industria alimenticia. En Redefine Meat trabajan con destacados carniceros, chefs, tecnólogos de alimentos y con Givaudan, fabricante suizo de sabores y fragancias. Todo ello ha ayudado a mapear digitalmente más de 70 parámetros sensoriales para su aplicación en las carnes alternativas, tales como apariencia, textura, jugosidad, distribución de la grasa y la sensación de cortes de carnes premium.



*Figura 7. Filete de Redefine Meat*



*Figura 8. Impresora de Redefine Meat*

Disponen de un banco de modelos 3D correspondientes a distintas partes de la carne de vacuno. Los modelos son cargados a la máquina que, con las tres mezclas mencionadas anteriormente, son capaces de imprimir 13 libras (5'89 Kg.) de producto cada hora, los cuales ascenderán a 44 libras (20 Kg.) el año que viene y eventualmente cientos, a un precio inferior de la carne real.

Este apartado se encuentra más desarrollado y detallado en el “Anexo”, pág. 58.

### 2.4.3 Conclusiones

La producción de alternativas cárnicas a base productos de origen vegetal, mediante tecnologías de impresión 3D, tiene un futuro prometedor. La cantidad de recursos naturales que se ahorran es muy grande y esta tecnología tiene el potencial de recrearlos a la perfección.

Actualmente se están consiguiendo los primeros productos creados muy fielmente al alimento que imitan. En cuanto se comiencen a comercializar con un precio atractivo, sumado a sus ventajas medioambientales, sus beneficios sanitarios y sus razones éticas, tienen una oportunidad de mercado muy grande.

No solo hay que invertir en el desarrollo de las tecnologías que se emplean, sino que también hay que desarrollar tecnológicamente las recetas de los alimentos y colaborar más con profesionales de la cocina y de la alimentación.

A la hora de conceptualizar la impresora de comida 3D en este trabajo, considero que la capacidad de crear este tipo de productos alternativos a los productos cárnicos habituales puede ser una de las mejores funcionalidades. Esta función podría añadir un gran valor de compra, más aún, teniendo en cuenta el crecimiento exponencial que están teniendo estas alternativas en la sociedad.

## 2.5 Estudio de interfaces: Los controles

### 2.5.1 Introducción

Antes de comenzar con el desarrollo de una interfaz para manejar la impresora de comida 3D del futuro, se decidió investigar acerca del posible contexto futuro que encontraremos en el ámbito del control de las interfaces. De esta manera, al idear las posibles formas de control innovadoras podría ayudar con el diseño de una interfaz intuitiva y ergonómica.

Se decidió investigar acerca del control gestual de interfaces, para ver hasta qué punto está en uso y que hay desarrollado actualmente.

En la actualidad, muchos de los dispositivos que se utilizan tienen cámaras, los smartphones, las tablets, ordenadores, televisiones, etc. Además, cada vez hay más dispositivos que las están integrando, como es el caso de automóviles, frigoríficos, gafas, etc. Lo que se puede llegar a conseguir con las cámaras, está cambiando la forma con la que interaccionamos con estos dispositivos y con las demás personas. Al aprovechar uno o varios sensores de imagen, estas cámaras generan datos que representan el espacio tridimensional alrededor del dispositivo, dando la posibilidad de desarrollar numerosas funciones de interacción incluyendo la realidad aumentada y el control gestual.

Los gestos han sido parte del lenguaje de interacción de los humanos desde hace miles de años. Si agregamos soporte para el control gestual en dispositivos electrónicos, podemos utilizar nuestro lenguaje natural para operar estos dispositivos. Este método puede dar lugar a una interacción mucho más intuitiva y que genere menos esfuerzo en comparación con tocar una pantalla, manipular un ratón de ordenador, un control remoto, el uso de botones y palancas.

Si el control gestual lo combinásemos con otras tecnologías avanzadas, en interfaces para el usuario, como en el caso de control mediante comandos de voz y reconocimiento facial, los gestos pueden crear una experiencia de usuario más rica y natural con nuestro lenguaje natural por gestos.

**El estudio de distintos proyectos con interfaces gestuales está desarrollado en el “Anexo”, pág. 63.**

### 2.5.2 Conclusiones

Una vez analizados los distintos gestos que se usan para controlar los dispositivos, se sacaron las siguientes conclusiones:

- Los gestos usados son sencillos y fáciles de aprender.
- No requieren de esfuerzos o posiciones incómodas.
- Muchos gestos son similares entre los dispositivos.
- Project Soli resuelve de forma más sencilla determinadas acciones.
- Hay acciones que podrían ser realizadas de varias maneras, lo que da la oportunidad de buscar la más sencilla e intuitiva.

## 2.6 Estudio de interfaces: Diseño gráfico

Ya que en este proyecto se va a desarrollar un prototipo de la interfaz que acompañará a la impresora, previamente se realizó un estudio de distintas interfaces que se consideran futuristas e innovadoras. Se tomaron como referencia de estudio, interfaces futuristas aplicadas a la cocina y otros escenarios (ej. ver Figura 9). También se estudiaron distintas propuestas de diseño gráfico moderno (ej. ver Figura 10).

**Este apartado, con todas las imágenes de referencia que fueron usadas, está desarrollado en el “Anexo”, pág. 79.**

Tras analizar las distintas imágenes de las interfaces futuristas se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Existe una tendencia a la simplicidad geométrica, es decir, predominan las figuras básicas como los cuadrados, los rectángulos y los círculos.
- Se utilizan mucho las líneas rectas para separar las funciones de la interfaz.
- En las cocinas las líneas curvas suelen mostrar información alrededor de las placas de cocinado.
- Predominan los colores blanco, negro y variedades de azul.
- Las animaciones entre elementos son muy dinámicas.
- Los iconos son minimalistas.

Tras analizar las distintas imágenes de diseño gráfico moderno se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Predominan los rectángulos para delimitar conjuntos de información.
- Se hace uso de los círculos para delimitar iconos e información específica.
- El diseño es simple, con estilos bastante minimalistas.
- Abundan los iconos con sombreados que dan una sensación de tridimensionalidad.
- Se utilizan frecuentemente gradientes de colores, aportando una sensación de dinamismo.
- Podemos ver numerosos redondeos en las esquinas de cuadrados y rectángulos, que dan una sensación de amabilidad.
- La tipografía empleada es elegante y sin serifas, dando una imagen tecnológica y ordenada.

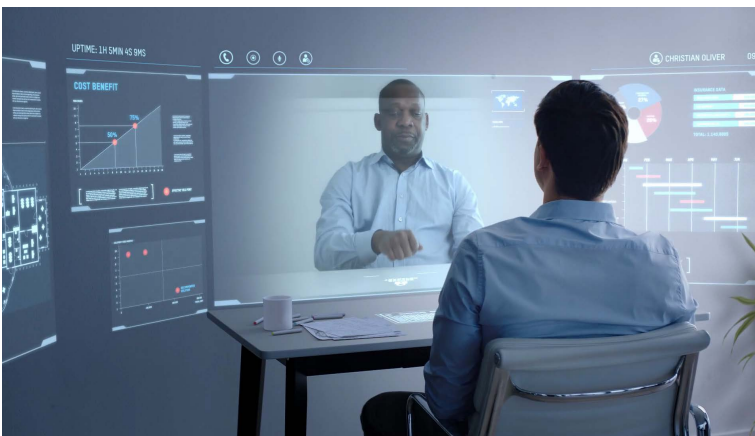


Figura 9. Ejemplo de interfaz futurista



Figura 10. Ejemplo de diseño moderno



## 2.7 Conclusiones generales de la fase 1

Esta primera fase, se comenzó con el estudio y análisis del conocimiento e interés que tiene la población acerca de la impresión de comida 3D, a través de una encuesta. La conclusión general es que hay un gran desconocimiento de la existencia de las impresoras de comida 3D y por ello existe poco interés por la adquisición del producto. Esto se debe a que no se conoce la existencia de un producto con estas características, que ofrezca funcionalidades que aporten suficiente valor e interés, o que aporte soluciones a problemas importantes.

A través de la entrevista a Iñaki Muñoz podemos ser testigos de la situación de estos productos en el mercado nacional, donde hay pocas propuestas y las que existen no cubren por completo las funcionalidades esperadas ni resuelven problemas. Se concluyó que es necesaria una inversión mayor en el desarrollo de estos productos, así como el trabajo en la colaboración con profesionales de los alimentos, para crear productos que solucionen los puntos mencionados.

Tras hacer un amplio estudio de mercado de las impresoras de comida 3D más relevantes en la actualidad, se pudo analizar qué productos eran más atractivos y porqué. De esta manera se obtuvieron las características imprescindibles que debería tener una impresora de comida 3D para aportar las suficientes funcionalidades y convertirse en un producto relevante.

Dentro de la impresión de comida en 3D se hizo un estudio del desarrollo actual de la impresión de alternativas a la carne. Debido al consumo insostenible de recursos naturales necesarios para la producción de productos animales, entre otras grandes razones, el desarrollo de alternativas usando ingredientes de origen vegetal tiene mucho potencial. Se comparte la conclusión anterior de que hace falta más inversión en el desarrollo de alimentos, en este caso concreto el desarrollo de recetas optimizadas y la tecnología de impresión 3D puede permitir elaborar alimentos que son capaces de recrear la experiencia completa de la carne con las ventajas mencionadas.

Después se planteó la idea de utilizar un control alternativo al táctil que fuese innovador, por lo que se decidió estudiar el control mediante gestos con las manos. Se estudiaron proyectos y productos que utilizan tecnología de reconocimiento gestual y los gestos que efectuaban las distintas acciones.

Por último, se hizo un estudio de interfaces futuristas y diseño gráfico moderno e innovador, para aplicar lo aprendido en la interfaz que se va a desarrollar.

## 3. Fase 2

### 3.1 Diseño de los controles gestuales

#### 3.1.1 Introducción

Tras el análisis de los distintos controles gestuales desarrollado en la fase 1 del trabajo, se diseñaron los controles básicos que puedan servir para el control de la interfaz de la impresora en distintas situaciones. La idea es concretar una serie de gestos que realmente se puedan aplicar al control de cualquier interfaz. Dos ejemplos de la utilidad de un sistema de control mediante gestos para la impresora de comida 3D son los siguientes:

- En la cocina del futuro es posible que se disponga de una pantalla o una proyección en la pared frente a la vitrocerámica, de esta manera colocando una cámara para la detección gestual, se podría operar con la impresora al mismo tiempo que se preparan otros alimentos ya sea en los fuegos o en la encimera (ver Figura 11).

- Poder controlar la impresora mientras se está en el salón o en una habitación, a través de la aplicación de la impresora instalada en una Smart TV. De esta forma podríamos mandar la operación de imprimir un plato sin necesidad de ir a la cocina, así se podría preparar una comida con antelación si requiere de un tiempo de preparación mayor.



Figura 11. Cocina con pantallas



Figura 12. Control gestual de una televisión

A continuación, se estudió la ergonomía aplicada a las posiciones y movimientos de los brazos. Después se analizaron los gestos estudiados en la fase anterior, aplicados a los gestos básicos requeridos para utilizar una interfaz. Por último, se diseñaron y seleccionaron los gestos más adecuados para efectuar las tareas básicas planteadas.

Los estudios ergonómicos y el análisis de los controles gestuales estudiados en la fase 1, están desarrollados en el "Anexo", pág. 87.



### 3.1.2 Diseño de gestos

Una vez estudiada la ergonomía de las manos, brazo y antebrazo y tras analizar los gestos seleccionados del estudio de dispositivos con control gestual, se propusieron los gestos más adecuados para las distintas acciones de la interfaz.

Los puntos que deberían cumplirse a la hora de diseñar los controles gestuales, salvo por razones justificadas, son los siguientes:

- El brazo debería estar lo más cerca posible de la caja torácica para evitar cargar el hombro.
- El codo no debería moverse de la línea vertical que forma con el hombro y el suelo.
- El ángulo entre el brazo y el antebrazo debería ser de 90°.
- La posición de la muñeca debería estar recta en la posición neutra.
- Cuando un gesto requiere de la extensión de los dedos, se hace sin forzar de forma relajada.
- Cuando los dedos están flexionados, se hace de forma relajada sin apretarlos.
- Cuando un gesto requiere cambiar la mano de posición, se debe efectuar el movimiento desde el codo y no con la muñeca.
- El ángulo de rotación del antebrazo debería estar en la posición neutra, dejando la palma de la mano perpendicular al suelo situando la posición del pulgar arriba.

Los puntos expuestos hacen referencia a las posiciones más ergonómicas que pueden reducir al máximo posibles dolencias, cansancio e incomodidad a la hora de usar la interfaz gestual. No sería obligatorio mantener esos ángulos para que fuera posible el reconocimiento gestual, pero es lo más apropiado para el usuario.

A continuación, se describen los gestos finales elegidos para el control de una interfaz:

1. **CURSOR:** Para mover el cursor se ha elegido este gesto, el cual emplea el dedo índice extendido para movernos por los distintos elementos en pantalla. Al controlar con un solo dedo la precisión es mayor.

2. **SELECCIONAR/ACEPTAR/AGARRAR:** Cuando nos colocamos sobre el elemento que deseamos seleccionar y mientras apuntamos con el dedo índice, tocando la punta del dedo pulgar con la del dedo medio, ejecutamos la acción de hacer “clic”. Si mantenemos ambos dedos juntos, la acción pasa a ser de “agarre” lo que nos permite mover elementos.

3. **ATRÁS/CANCELAR:** Si lo que queremos es volver atrás o cancelar una selección, se toca una vez la punta del dedo pulgar con el dedo anular.

4. **REANUDAR RECONOCIMIENTO GESTUAL:** Cuando queremos retomar el reconocimiento gestual basta con hacer el gesto de extender el pulgar hacia arriba. Es un gesto fácilmente reconocible que generalmente indica que todo está bien.

5. **ACEPTAR:** Ante un menú en el que solo tenemos la opción de ir hacia delante/detrás o aceptar/cancelar, el uso del dedo índice es innecesario, por lo que tocando la punta del dedo pulgar con la del me-

dio sirve para aceptar (como el gesto 2 pero sin el uso del dedo índice).

6. CANCELAR: Como en el gesto descrito anteriormente, este se aplica en las mismas condiciones y sirve para hacer la opción de cancelar.

7. PAUSAR RECONOCIMIENTO GESTUAL: Este gesto que reconocemos como la señal de “stop” o que empleamos cuando queremos parar la acción de la otra persona, sirve para pausar el reconocimiento gestual. La posición de este gesto se sale de los parámetros ergonómicos establecidos, pero he decidido darle prioridad puesto que se trata de un gesto tan reconocible que resulta totalmente intuitivo.

8. SCROLL/ZOOM/VARIAR VALOR: Cuando nos encontramos en una pantalla donde hay muchos elementos y no pueden visualizarse todos a la vez, podemos hacer “scroll” deslizando la yema del dedo pulgar sobre el lateral exterior del dedo índice. También este gesto sirve para otros controles como hacer zoom o para la utilización de otros menús. Levantando el dedo pulgar para volver a la posición inicial y repetir el movimiento de deslizamiento el control nos permite seguir desplazándonos hacia la dirección elegida. La acción no es dependiente del espacio disponible en el lateral del dedo índice.

9. IR A HOME: Si queremos hacer la acción rápida de ir a la pantalla principal, independientemente de dónde nos encontremos, partiendo desde la posición neutra con los dedos extendidos los flexionamos juntando las yemas de todos los dedos.

Los números de los gestos coinciden con los gestos de la imagen (ver Figura 13).

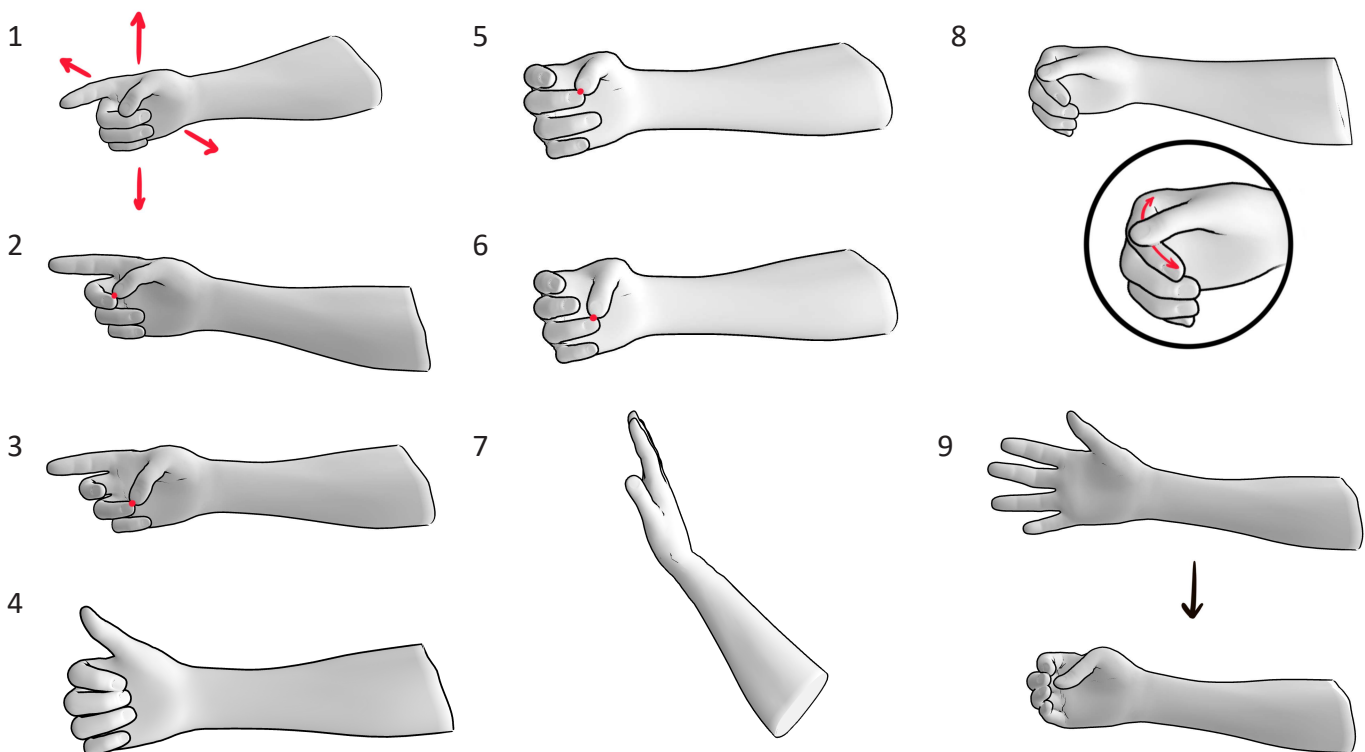


Figura 13. Gestos diseñados

## 3.2 Diseño de la interfaz

### 3.2.1 Introducción

En la primera fase del proyecto se realizaron algunos estudios iniciales de lo que consideramos interfaces futuristas y diseños gráficos modernos. En este apartado se utilizó esa información como referencia para el diseño de la interfaz de la impresora de comida 3D.

A la hora de empezar a proponer ideas de cómo va a ser el diseño gráfico de la interfaz se tuvieron en cuenta varios elementos, entre ellos el cómo afectan los colores psicológicamente y el desarrollo de una correcta usabilidad de la interfaz. Para cumplimentar estos requisitos se hicieron estudios del color y de la usabilidad de interfaces.

Además, antes de comenzar a bocetar las distintas ideas, se planteó una primera estructura para la interfaz. De este modo, se logró ordenar las distintas ideas y planteamientos propuestos para la impresora.

Los estudios del color y de la usabilidad están desarrollados en el “Anexo”, pág. 97.

### 3.2.2 Desarrollo de la interfaz

Inicialmente, apoyándome en lo aprendido al estudiar la usabilidad de las interfaces, se realizó una primera estructura que plasmara las ideas básicas para la interfaz (ver Figura 14), apoyándome en lo aprendido al estudiar la usabilidad de las interfaces. A partir de aquí se propusieron varios diseños para las pantallas de la interfaz.

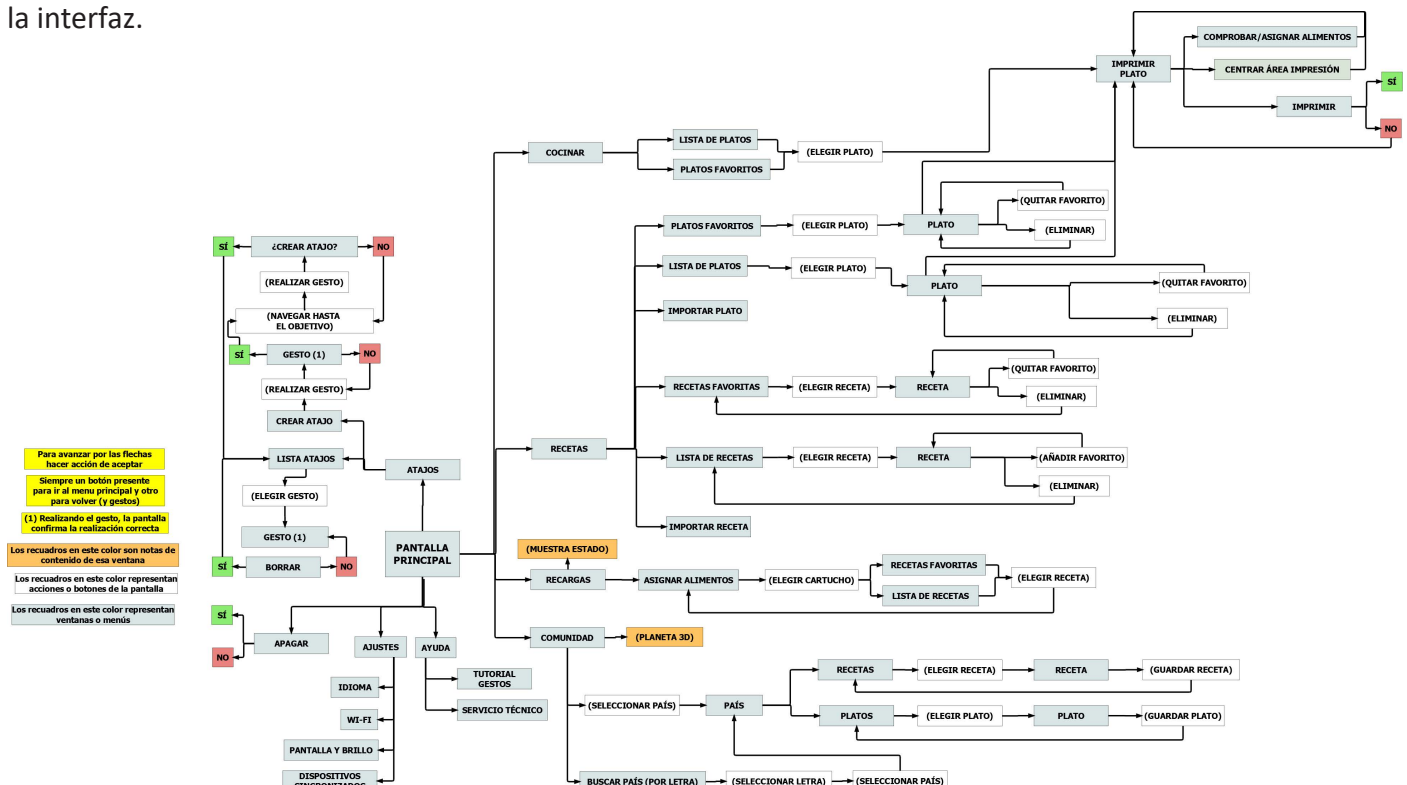


Figura 14. Estructura previa al diseño

Comencé proponiendo varios diseños de la pantalla principal de la interfaz a través de bocetos. Los elementos básicos planteados para la interfaz eran:

- Un apartado denominado “COCINAR”. Se usaría cuando se quisiera imprimir un plato, dentro nos encontraríamos con las formas disponibles para imprimir, separadas por sus categorías y secciones. Se me ocurrió separar las formas en dos apartados. En primer lugar, “profesionales”, siendo estas las formas desarrolladas por empresas o profesionales de la impresión de comida 3D, y luego encontraríamos “guardado”, donde estarían las formas creadas por el mismo usuario o formas guardadas de las subidas por otros usuarios.

Una vez seleccionada la forma que quisiésemos imprimir, primero se nos mostraría información acerca de esa forma y se nos daría la posibilidad de ver qué alimentos están vinculados con esa forma. Es decir, habría una separación de los modelos o formas y de los alimentos que formarían las distintas partes de esas formas. Al ver los alimentos vinculados a esas formas, además podríamos observar una descripción con sus ingredientes, igualmente tendríamos la posibilidad guardar la receta de esos alimentos.

Tras elegir la forma a imprimir, se nos mostraría un elemento en pantalla donde se viese el interior de la impresora, el plato y una representación 3D de la forma elegida. En este momento podríamos ajustar el tamaño y posición de la forma a imprimir, sobre el plato. Además, podríamos comprobar los cartuchos con los alimentos para ver la cantidad de alimento disponible. Si los alimentos vinculados a la forma a imprimir coinciden con los cartuchos disponibles nos lo indicaría. En caso contrario, podríamos cambiar los cartuchos por los correctos o asignar otros alimentos diferentes a las diferentes partes de la forma a imprimir.

Una vez tuviésemos todo configurado y le diésemos a imprimir, podríamos ver a través de una cámara interior el proceso de impresión, en pantalla tendríamos el porcentaje impreso y el tiempo transcurrido/total de la impresión. Durante la impresión podríamos ver la información nutricional en tiempo real de la cantidad impresa del alimento, así como ver el estado de los cartuchos de alimento para poder cambiarlos en caso de ser necesario.

- Un apartado denominado “RECETARIO”. Aquí encontraríamos un listado similar al de las formas en el apartado “COCINAR”, pero además de tener acceso a las formas, tendríamos otro apartado con el listado de alimentos, separados por sus categorías y secciones. También estarían separados por “profesionales” y “guardado”, al igual que con las formas, los alimentos profesionales serían recetas desarrolladas específicamente por profesionales de la impresión de comida 3D. Los alimentos guardados serían los propios y los guardados desde la comunidad. En este apartado podríamos ver los distintos alimentos, su información y sus ingredientes, también tendríamos acceso a las formas como en el apartado “COCINAR”.

- Un apartado denominado “CARTUCHOS”. Desde aquí se accedería al listado de cartuchos instalados en la impresora, cada cartucho mostraría el porcentaje de llenado y el alimento del que estuviesen rellenos. Se podrían añadir nuevos cartuchos en caso de tener huecos disponibles. Igualmente tendríamos la posibilidad de quitar, recargar o cambiar los cartuchos.

- Un apartado denominado “COMUNIDAD”. Si quisiésemos descubrir formas y alimentos creados por la comunidad accederíamos a esta sección. En ella habría un planeta tierra en 3D táctil en el que, entre otros métodos de búsqueda, pudiésemos elegir el país.

- En un acceso rápido lateral podríamos acceder siempre a la pantalla principal o “HOME”, a la configuración, a la ayuda y a los atajos gestuales. En el apartado denominado “ATAJOS” se podrían crear gestos personalizados para crear atajos a las zonas elegidas de la aplicación.

Como se ha mencionado anteriormente se propusieron distintos diseños para las distintas pantallas e iconos de la interfaz a través de bocetos (ver Figura 15) y una vez se seleccionaron las mejores opciones se creó un primer prototipo a papel para ser testado a través de una prueba de usuario. Mediante este test se buscó comprobar si el empleo del diseño resultaba sencillo e intuitivo para personas ajenas al proyecto. Tras realizar la prueba de usuario, se recopilaron los fallos y propuestas de mejora para la interfaz, a partir de lo cual se comenzó a diseñar la interfaz por ordenador (ver Figura 16).

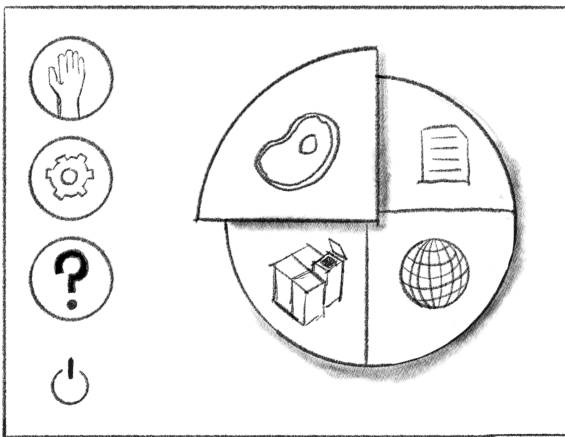


Figura 15. Ejemplo bocetos iniciales

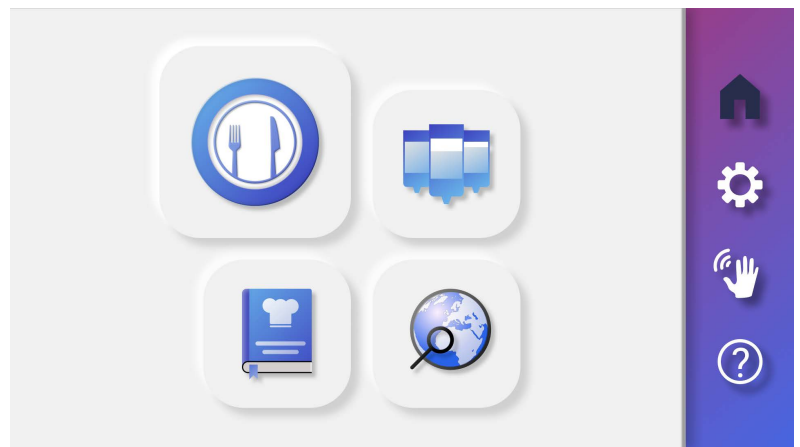


Figura 16. Pantalla principal a ordenador

Se plantearon varios diseños hechos a ordenador de la iconografía y de las distintas pantallas de la interfaz. Una vez se consiguieron unos diseños básicos, se decidió desarrollar el resto de las pantallas con las que se efectuará en la siguiente fase un primer prototipo funcional de la interfaz.

**Los bocetos de las pantallas y la iconografía y el primer prototipo a papel están desarrollados en el “Anexo”, pág. 101.**

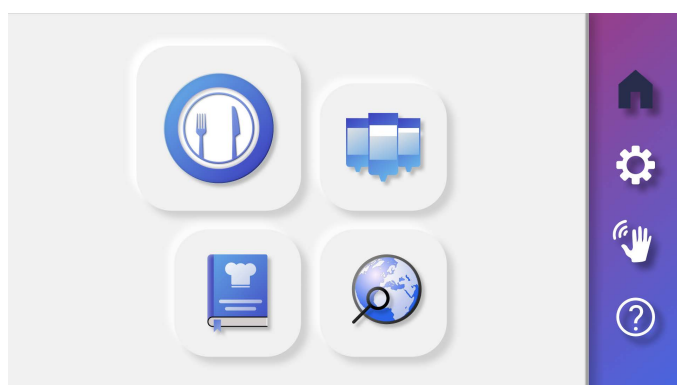
**La prueba de usuario está desarrollada en el “Anexo”, pág. 109.**

**Los distintos diseños y mejoras de la interfaz a ordenador están desarrolladas en el “Anexo”, pág. 111.**

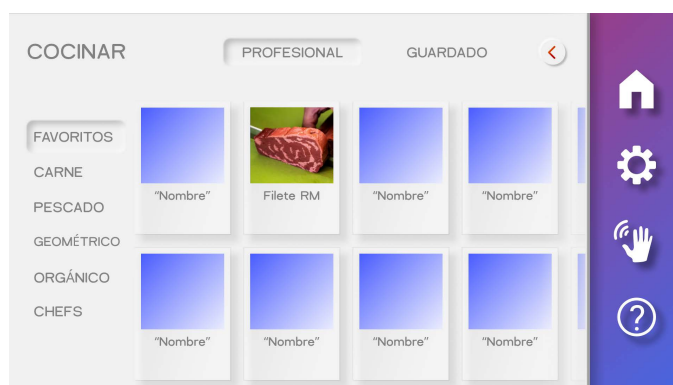


## 4.2 Pantallas principales

En la imagen (ver Figura 18) podemos ver varias de las pantallas principales del prototipo final donde aparecen las referencias a la estructura mostrada anteriormente (ver Figura 17).



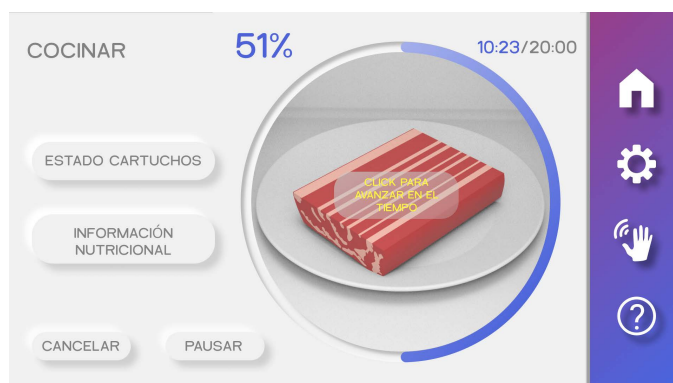
0.00 Home



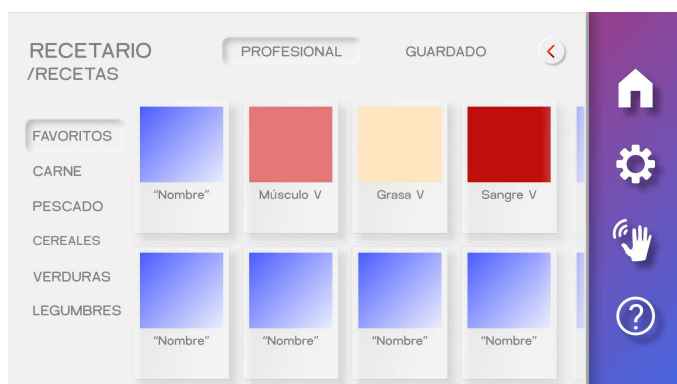
1.01 Cocinar/profesional/favorites



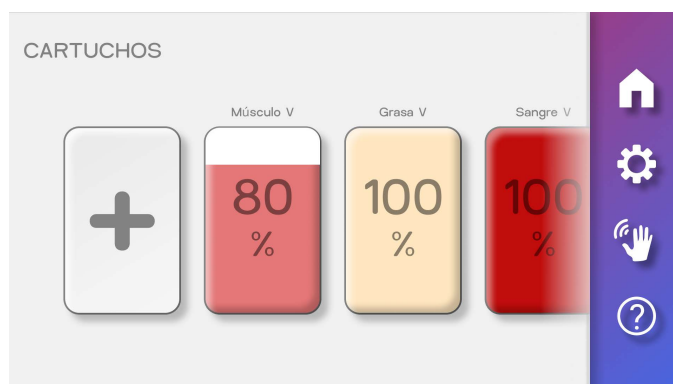
1.01 Selección plato



1.05 Cocinando



4.04 Recetario



2.01 Cartuchos

Figura 18. Ejemplos del prototipo final



## 4.3 Conclusiones

El prototipo es accesible a través del siguiente enlace:

<https://www.figma.com/proto/EE9OyfFw9yekEhTWLRdZvl/TFG?node-id=1%3A2&scaling=scale-down>

Tras la realización del prototipo, fue mostrado al director de mi TFG y me recomendó un rediseño de la estética general de la interfaz, así como el de la elección de palabras más claras y que perteneciesen al mismo campo semántico.

Debido a las limitaciones producidas por la situación del Covid-19, no fue posible realizar una prueba de usuario con el prototipo. De forma que para intentar compensar no haberlo podido testear con usuarios, se contactó con una diseñadora web para que probase la interfaz vía online y me diese un feedback de su experiencia usándola. A continuación, se exponen las distintas sugerencias:

Berta Pico (26 años) Diseñadora web:

- Recomienda tener un botón “atrás” en todos los apartados que se pueda aplicar.
- Detecta problemas para diferenciar el significado entre “RECETARIO” y las opciones internas de “Platos” y “Recetas”. Este fallo también había sido manifestado anteriormente por el director de mi proyecto.
- El uso del modo oscuro daría una sensación más innovadora y moderna.
- Sugiere simplificar la pantalla principal a dos opciones: una para cocinar con el recetario y la comunidad, y otra para configurar la impresora, los cartuchos y otros elementos.

En este momento del proyecto se propuso un rediseño de las pantallas básicas y se realizaron las mejoras necesarias para que fuera más comprensible.



# 5. Fase 4

## 5.1 Rediseño

### 5.1.1 Nuevo estudio visual

Tras la evidente necesidad de mejorar la apariencia y el diseño del primer prototipo, se hizo una nueva investigación para el diseño visual de la interfaz. Se buscó inspiración en diseños únicamente en “modo oscuro”, ya que, tal y como mencionó Berta Pico, la estética es más moderna e innovadora.

El modo oscuro no solo aporta una mejor apariencia, sino que además tiene beneficios para la salud, especialmente para generar menos estrés en los ojos. En una sociedad que cada vez emplea más horas frente a las pantallas, esta opción presenta una gran mejora. Además, requiere de un menor consumo energético.

### 5.1.2 Problemas en la usabilidad

En el anterior diseño de la interfaz se detectaron varios problemas que generaban confusión en su uso. Gracias a la localización de estos fallos, se aplicaron cambios para intentar solucionarlos y crear un prototipo más claro e intuitivo.

Uno de los principales problemas lo hallamos en el momento de separar las formas en 3D de los alimentos para los cartuchos. A las formas 3D se podía acceder desde el apartado “COCINAR” y desde el apartado “RECETARIO”. Además, dentro de “RECETARIO” podíamos elegir entre “Formas” y “Recetas”. Esto generaba una confusión a la hora de saber cuál era la diferencia entre las palabras “recetario” y “recetas”.

En las listas de formas y recetas, las distintas categorías no pertenecían a la misma familia semántica. Lo mismo ocurría con la separación de las recetas y formas en “profesionales” y “guardado”, esta clasificación no transmitía de forma correcta la distinción que se buscaba mostrar.

Tras hacer el primer prototipo de la interfaz comprendí que no tenía la complejidad y extensión suficiente para mantener el apartado de creación de gestos personalizados para utilizarlos como atajos.

También el apartado de “COMUNIDAD”, donde se podían buscar recetas y formas de otros países, era mejor incorporarlo dentro de otros apartados. De este modo no era necesario salir de las listas en “RECETARIO” o “COCINAR” para acceder a creaciones de otros usuarios.

### 5.1.3 Cambios y mejoras

En primer lugar, se cambió el nombre de “RECETARIO” por “ALIMENTOS”. De esta forma es más evidente a qué se hace referencia, ya que antes el título escogido generaba confusión.

Asimismo, se decidió eliminar la función de crear atajos gestuales. Además, se suprimió la barra lateral donde estaba el acceso rápido a “HOME”, “CONFIGURACIÓN”, “ATAJOS” y “AYUDA”, situando esos botones en otras posiciones. Igualmente, el apartado “COMUNIDAD” se eliminó y se incluyó dentro de “COCINAR” y “ALIMENTOS”.

Los iconos fueron rediseñados para que combinaran con el nuevo modo oscuro aplicado. No solo se cambiaron los colores, sino que también se retiraron los sombreados y los efectos de volumen que tenían anteriormente, dejando unos iconos planos.

Con la implantación de estos cambios ya se generó una gran mejora en la estética y se consiguió una mayor simpleza en el nuevo diseño (ver Figura 19) frente al anterior (ver Figura 20).

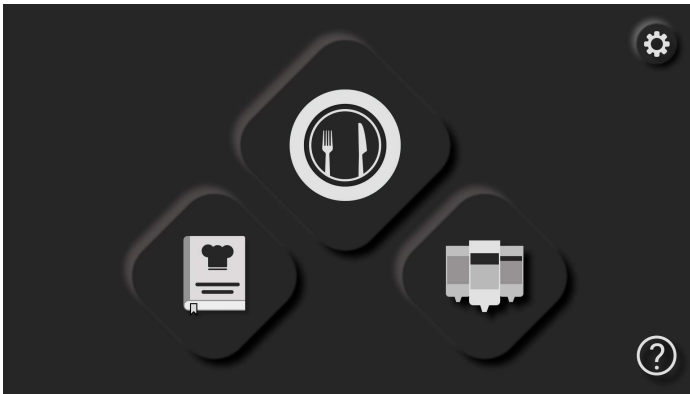


Figura 19. Pantalla principal nueva

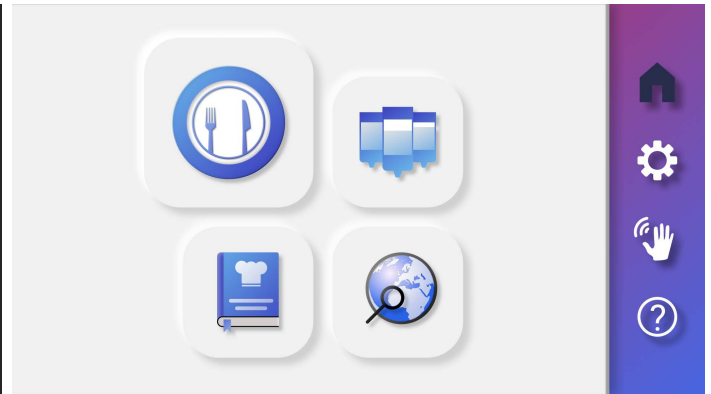


Figura 20. Pantalla principal anterior

Las casillas de las formas y las recetas también se modificaron, conforme al modo oscuro, redondeando las esquinas y ofreciendo más información adicional al nombre. Ahora, además del nombre, muestran si son platos salados o dulces y si el resultado es caliente o frío. En el caso de los platos calientes se indica con la palabra “Caliente” en un color rojizo, y en los fríos se indica con la palabra “Frío” en un color azulado.

Cuando entras al apartado “COCINAR” o “ALIMENTOS”, ahora en lugar de estar los elementos separados en “profesionales” y “guardado”, se encuentra la división “oficial”, “comunidad” y “mi lista”. En el apartado “oficial” puedes toparse con formas o recetas desarrolladas por empresas o profesionales especializados en la impresión de comida 3D. Mientras que en el apartado “comunidad”, se hallan las formas o recetas hechas por los propios usuarios. Y en el apartado “mi lista” se encuentran las formas o recetas que se han guardado de los otros apartados y las propias creaciones del usuario.

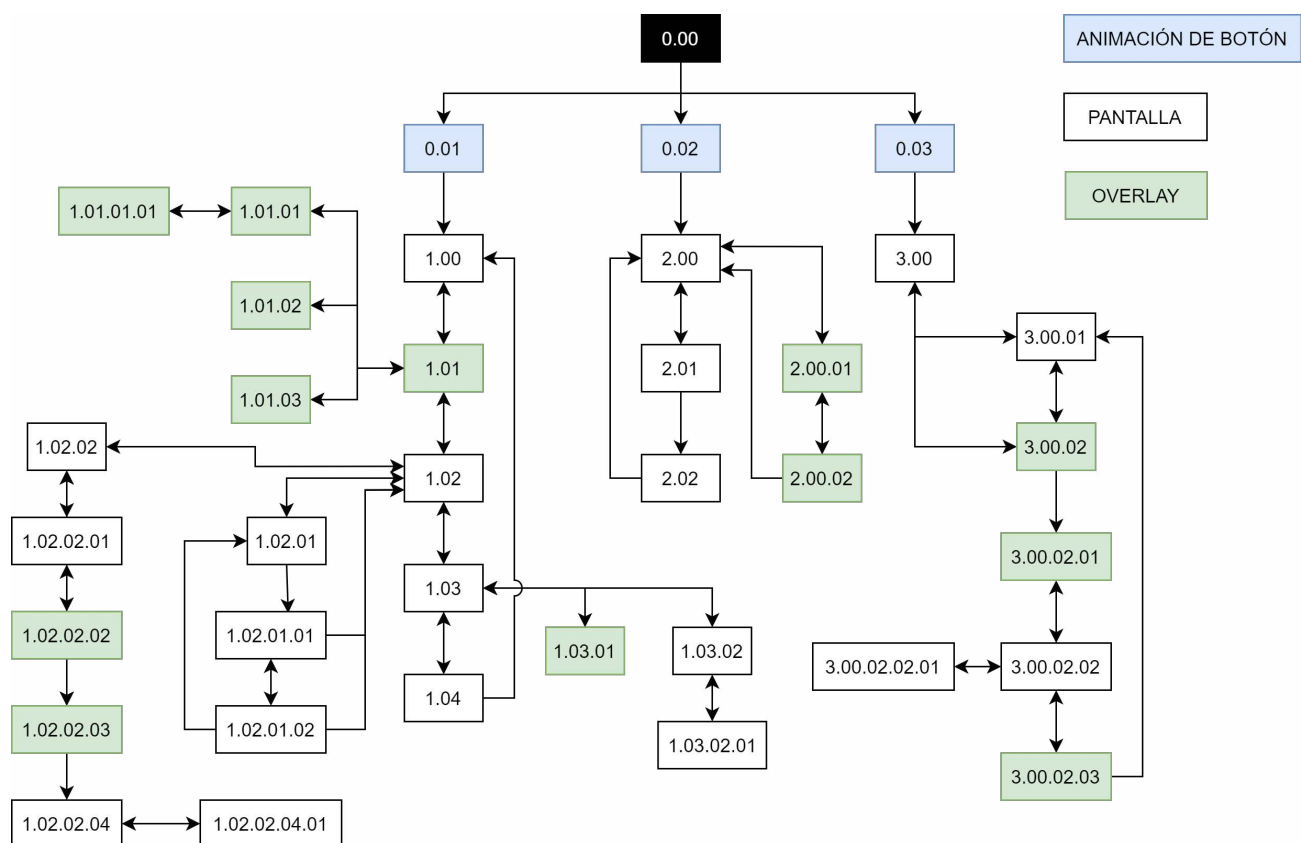
A su vez, las formas dentro de “COCINAR” ahora están clasificadas en las siguientes categorías:

- Cocinadas recientemente
- Lo más popular
- Formas cárnicas
- Formas geométricas
- Formas orgánicas
- Formas realistas

- Cocinadas recientemente
- Lo más popular
- Productos animales
- Legumbres y frutos secos
- Verduras y hortalizas
- Cereales y azúcares
- Frutas

## 5.2 Prototipo final

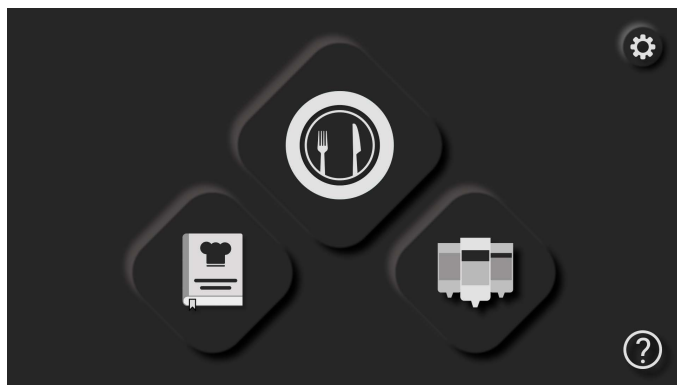
Se hizo su correspondiente inventario de contenidos junto a una estructura (*ver Figura 21*). No se desarrolló la interfaz en su totalidad, puesto que existen pantallas que les falta contenidos y otras que todavía no se han desarrollado. Este prototipo sirve como base de lo que sería la interfaz rediseñada.



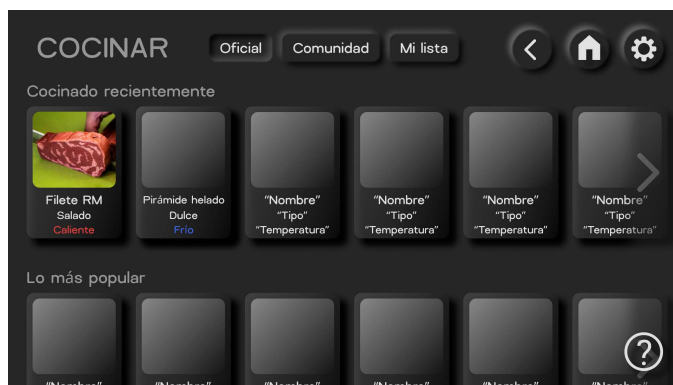
*Figura 21. Estructura del prototipo final*

### 5.2.1 Pantallas principales

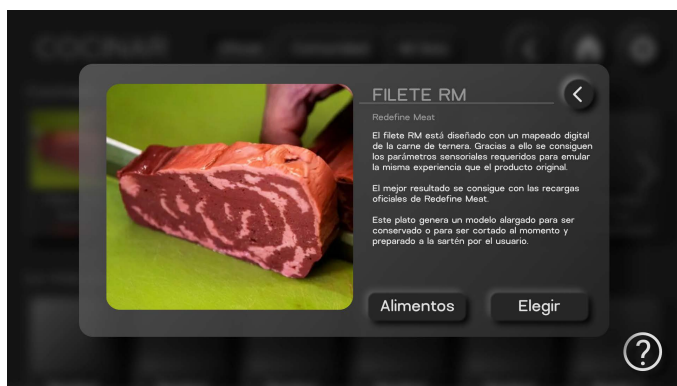
En la imagen (ver Figura 22) podemos ver varias de las pantallas principales del prototipo final donde aparecen las referencias a la estructura mostrada anteriormente (ver Figura 21).



0.00 Pantalla principal



1.00 Cocinar



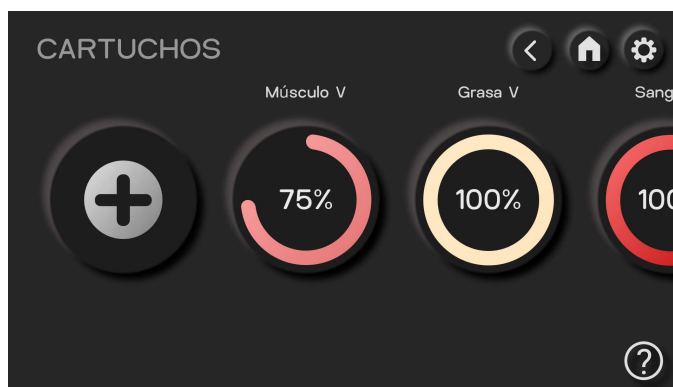
1.01 Seleccionar plato



1.03 Cocinando



2.00 Alimentos



3.00 Cartuchos

Figura 22. Ejemplos del prototipo final

Toda la información del prototipo final está en el “Anexo”, pag. 146

## 5.2.2 Conclusiones

El prototipo es accesible a través del siguiente enlace:

<https://www.figma.com/proto/217FArgKjHUI3ivoCOFLlm/Prototipo-final?node-id=8%3A0&scaling=scale-down>

A través de este prototipo final, se busca corregir todos los problemas de usabilidad detectados con anterioridad y se ha mejorado el aspecto, para dar resultado a una interfaz más innovadora y con una estética más cuidada.

No se han desarrollado todas las partes de la interfaz porque se trata de un prototipo que tiene como finalidad representar las principales funciones de la impresora de comida 3D, así como su aspecto estético.

Disponemos de 3 apartados principales:

- COCINAR: En él encontramos las formas que podemos imprimir. Podemos acceder a formas “oficiales” desarrolladas por empresas y profesionales de la impresión de comida 3D y también tendremos acceso a formas desarrolladas por otros usuarios. En “Mi lista” aparecerán guardadas las formas oficiales o de la comunidad que hayamos archivado. Haciendo “scroll” vertical podemos ver las distintas categorías en las que se dividen las formas y podemos hacer “scroll” horizontal en cada categoría para desplazarnos entre las opciones.

Cuando se selecciona una forma, nos aparece una descripción y nos permite acceder a los alimentos preparados para las distintas partes de esa forma. Podemos ver a qué partes de la forma hace referencia cada alimento. Además de mostrarnos información del alimento, contamos con un botón para ver los ingredientes y otro para poder guardarlo en “Mi lista”.

Cuando se elige la forma para imprimir, se nos permite ajustar el tamaño y la posición de la forma sobre el plato. Todo este proceso se puede ver y controlar a través de un elemento táctil en la pantalla, que nos muestra el interior de la impresora y la forma en 3D que vamos a imprimir. También podemos comprobar si los alimentos asociados a esa forma están disponibles entre nuestros cartuchos instalados. Si no tenemos los alimentos, podemos cambiar el cartucho por uno que lo tenga o podemos elegir otro alimento.

Tras configurar estos elementos a nuestro gusto pasamos a imprimir. En este momento veremos a través de la cámara interna cómo se va imprimiendo el plato. Durante todo el proceso de impresión hasta el final de la misma, se puede ver la información nutricional a tiempo real, es decir, la impresora calcula la cantidad de nutrientes según la cantidad de cada alimento que va extruyendo. De esta forma, tanto al final como si paramos una impresión podremos saber los nutrientes exactos. Además, podremos ver la cantidad de alimento restante en los cartuchos y tendremos la posibilidad de parar la impresión para recargarlos en caso de que sea necesario.

- ALIMENTOS: Este apartado anteriormente poseía el nombre de “RECETARIO”, pero se modificó el título para obtener una mayor claridad a la hora de diferenciar las formas de los alimentos que se imprimen en las distintas partes de las formas. A través de este apartado, podemos acceder a los alimentos “oficiales” desarrollados por las empresas y profesionales de la impresión de comida 3D. Lo ideal para conseguir

el mejor resultado sería usar estos alimentos comprándolos, pero también tenemos la opción de hacerlos nosotros mismos siguiendo las recetas que facilitarían. Igualmente, tenemos la opción de “Comunidad”, donde la gente compartiría las recetas de sus alimentos y por último en “Mi lista” estarían los alimentos guardados de las dos secciones anteriores.

Los alimentos están separados también según el estado en el que se encuentran tras el cocinado, de este modo se diferencia entre formas sólidas, espesas o líquidas. En todo momento tenemos el “scroll” vertical para navegar entre las categorías de los alimentos y el “scroll” horizontal en cada categoría para desplazarnos entre los elementos.

- CARTUCHOS: Gracias a este apartado, podremos ver qué alimentos tenemos instalados en cada cartucho, con la posibilidad de añadir nuevos si hay espacios disponibles. Asimismo, permite cambiar los cartuchos o quitarlos.

## 5.3 La impresora

### 5.3.1 Conceptualización visual

A la hora de proponer ideas para hacer una representación visual de la impresora de forma conceptual, se tuvieron en cuenta tres elementos, en mi opinión, imprescindibles en una impresora:

- La estructura básica de la zona de impresión es conveniente que sea bien cúbica o bien un prisma rectangular. De esta manera el extrusor puede cubrir toda la zona con sus respectivas guías. Además, de este modo, no solo se puede imprimir en platos redondos, sino que también permite la utilización de otras formas aprovechando mejor el espacio. Esta es una estructura común a la gran mayoría de impresoras tanto tradicionales como de comida.

- El alimento se suministra a través de cartuchos rellenables, por lo que es necesaria una zona donde puedan ser colocados varios cartuchos. La posición de los cartuchos puede ser muy variada, por lo que esta es la parte que nos brinda más posibilidades en cuanto a su diseño.

- La pantalla en la que nos encontraríamos con la interfaz para operar con la impresora de comida tiene que encontrarse en una posición cómoda para su uso.

A partir de estas tres características, se propusieron varios bocetos. En las ideas mostradas en los bocetos se pueden separar las propuestas de varias formas. Las que considero más diferentes son el proponer el producto como un electrodoméstico libre o uno integrado en la cocina. También, se propone que los cartuchos puedan colocarse directamente en la impresora o que el conjunto de los cartuchos pueda colocarse de forma individual y se conecten a la impresora.

Una idea común a todas las propuestas es la de que los cartuchos sean modulares. De esta forma, los alimentos que se impriman en mayores cantidades pueden ir en cartuchos más grandes, y otros alimentos, cuyo empleo no sea tan habitual, pueden ir en cartuchos más reducidos. Tras el bocetado, se escogió el concepto considerado más adecuado para la realización de un render y su representación en la cocina.

El proceso de bocetaje del concepto visual está en el “Anexo”, pag. 159

### 5.3.2 Concepto visual final

Tras las ideas propuestas en los bocetos anteriores, decidí representar la impresora de comida 3D de forma similar a los hornos de pared que hallamos en la actualidad. De este modo, la impresora estaría integrada en la cocina, pero contaría con un espacio propio reservado para ella.

Además, esto permitiría ajustar la altura en su instalación a conveniencia del propietario, para así poder acceder de forma cómoda a la pantalla para operar con el producto, y al interior de la impresora para colocar o retirar el plato. La pantalla se ha propuesto integrada en el cristal, de manera que no sea visible cuando no se está utilizando la interfaz y podamos observar el interior de la impresora.

Los cartuchos se proponen como un conjunto separado de la impresora. De esta forma, podrían instalarse encima, debajo o a los lados, según sea más conveniente para la cocina del usuario.



Figura 23. Render de la impresora 1



Figura 24. Render de la impresora 2

El render final muestra el modelo 3D de la impresora colocado en una cocina, con las dimensiones de un horno de pared estandarizado. En la primera imagen de la impresora (ver Figura 23), los cartuchos han sido colocados encima de la impresora y tienen una tapa para ocultar el contenido. La interfaz no se muestra porque aparece representada cuando no se está utilizando.

En la siguiente imagen (ver Figura 24) podemos ver la representación visual del momento en el que se está utilizando la interfaz, la cual aparece en el cristal. También podemos ver lo que serían los cartuchos de comida con formas modulares.

(En ambas imágenes no se muestran las guías o el cabezal de impresión con sus elementos, debido a que se trata de un concepto sencillo que busca mostrar la idea básica del producto)



### 5.3.3 Funcionalidades de la impresora

Guiado por las conclusiones extraídas durante el desarrollo del proyecto, a continuación, expongo las características básicas que, bajo mi punto de vista, deberían tener las impresoras de comida 3D para aportar la suficiente innovación y/o solución frente a los problemas actuales:

- Que sea capaz de imprimir formas complejas y con variedad de alimentos distintos. Para llevar a cabo este proceso es necesaria una mayor inversión con el fin de que se desarrollen recetas de alimentos optimizados para su impresión. En la interfaz se propone que las formas y los alimentos desarrollados por empresas y profesionales de la impresión de comida 3D se incluyan en la sección “Oficial” dentro de “COCLINAR” y “ALIMENTOS”. En el caso de los alimentos, se venderían producidos de forma industrial para conseguir mejores resultados, también se ofrecería la receta para poderlos hacer de forma casera.

- Que se puedan imprimir platos calientes y fríos. En cuanto al cocinado en caliente, como se ha señalado anteriormente, ya se está probando el uso de láseres en la impresora o el empleo de un horno y calor por infrarrojos en el caso del producto de Iñaki Muñoz. Para el cocinado de platos fríos en el producto de Iñaki Muñoz usan un intercambiador de calor para enfriar el área de impresión.

- La impresión de carnes y pescados utilizando alimentos vegetales. Esta característica aparece ya en la primera fase del trabajo, donde expongo que el desarrollo de estructuras y recetas optimizadas para recrear los productos animales usando fuentes vegetales tiene un futuro muy prometedor y lo considero uno de los puntos más fuertes de la impresora de comida 3D.

- La solución a problemas alimentarios. Por ejemplo, cuando los ancianos ya no son capaces de masticar el alimento, se podría ofrecer una alternativa con el desarrollo de recetas que recreen la experiencia de comer un producto sólido utilizando purés con distintos sabores y que gelifiquen en caliente, de forma que pueda comerse con cuchillo y tenedor y se conviertan en puré en la boca. Así se podría conseguir que la población que sufra esos problemas vuelva a tener ilusión por comer. Otro ejemplo sería la impresión de modelos infantiles, gracias a la cual se podría conseguir que los niños coman alimentos saludables empleando la impresión de formas que les diviertan.

- Que se puedan imprimir platos cocinados y precocinados. Respecto a la impresión de carnes y pescados con alimentos de origen vegetal, añadiría gran valor que no solo se pudieran imprimir piezas ya cocinadas, sino que también se pudiesen imprimir piezas más grandes sin cocinar, que pudieran ser conservadas en la nevera o el frigorífico. Un ejemplo muy claro es el caso explicado en la fase 1, donde se muestra que la empresa Redefine Meat imprime piezas grandes de “carne” que luego son cortadas y cocinadas.

- Información nutricional de los platos impresos. Como ya se incluye en la interfaz, el hecho de que la impresora calcule la información nutricional basándose en la cantidad extruida y el alimento utilizado, añade un gran valor al producto en una sociedad en la que cada vez hay más interés en alimentarse adecuadamente.

- Poder crear formas y recetas. Un gran añadido propuesto es el poder crear y compartir formas y alimentos con el resto de los usuarios.



## 6. Conclusiones

En este apartado se van a indicar las conclusiones obtenidas tanto a nivel personal como académico tras la realización de este proyecto:

### Académicas

En este proyecto he podido aplicar lo que he aprendido durante los seis años como alumno de Ingeniería de Diseño Industrial. El haberlo hecho de forma individual me ha ayudado a mostrar los conocimientos y aptitudes reales que poseo y me ha permitido trabajarlos y mejorarlos. En la mayoría de proyectos que he realizado, durante en la carrera, me encargaba sobretodo de la búsqueda de información, de la generación de ideas y del desarrollo y presentación de estas. Con este proyecto he tenido la oportunidad de encargarme de todos los elementos del proyecto, de forma que he podido trabajar y mejorar las tareas con las que tenía menos práctica, sobretodo la redacción y la composición del trabajo.

Entre las conclusiones más importantes se encuentran el ser consciente del gran valor de la autocrítica, de la importancia de testar con usuarios y el intentar mejorar constantemente.

### Personales

Al ser un proyecto de larga duración y gran carga de trabajo, he aprendido a valorar el trabajo continuo y la necesidad de organizarlo para evitar perder el tiempo, además de poder mantener un orden de las necesidades en cada momento.

La pandemia producida por el Covid-19 rompió con la planificación inicial que tenía para abordar el proyecto, entre otras cosas tuve que dejar el piso y por lo tanto volver a mi ciudad natal. Esto me enseñó la importancia de crear una rutina y planificar el desarrollo del trabajo, en un entorno menos idóneo. Gracias a esta situación, mejoré mis capacidades de adaptación al cambio.

# 7. Bibliografía

## LIBROS Y ARTÍCULOS

Heller, E. (2004) *Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Gustavo Gili.

Krug, S. (2006) *No me hagas pensar 2e*. Grupo Anaya Educacion.

Rempel, D. (2014) *The design of hand gestures for human-computer interaction: Lessons from sign language interpreters*.

Rebollar, R., Fernández-Carrión, J., Gil, I. (s.f.) *ERGONOMÍA Biomecánica 1*.

## ENLACES WEB

<https://all3dp.com/1/best-3d-food-printer/>

<https://all3dp.com/1/mycusini-chocolate-3d-printer-review-a-real-treat/>

<https://www.3dbyflow.com/>

<https://www.aniwaa.com/product/3d-printers/3d-by-flow-focus/>

<https://www.fabbaloo.com/blog/2017/8/19/the-byflow-focus-3d-food-printer>

<http://chocedge.com/>

<http://chocedge.com/documents/3D%20Chocolate%20Printing%20Guide%20201701102.pdf>

<https://www.structur3d.io/discover/2-complete>

<https://www.3dprintersonlinestore.com/mmu-se-touch-screen-chocolate-3d-printer>

<https://www.youtube.com/watch?v=vtgcsPvKVxg>

<https://www.naturalmachines.com/>

[https://www.youtube.com/watch?v=G95iDgjQ1\\_Y](https://www.youtube.com/watch?v=G95iDgjQ1_Y)

<https://www.youtube.com/watch?v=TcXIQLVQhSE>

<https://www.youtube.com/watch?v=2f1lrZd7enQ>

[https://www.youtube.com/watch?v=i\\_9z3ylcGE8](https://www.youtube.com/watch?v=i_9z3ylcGE8)

[https://www.youtube.com/watch?v=zIX\\_Gj6-JaA](https://www.youtube.com/watch?v=zIX_Gj6-JaA)

<https://twitter.com/naturalmachines?lang=es>

<https://www.procusini.com/>

[https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/EB00/PROCUSINI\\_ANL-EN.pdf](https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/EB00/PROCUSINI_ANL-EN.pdf)

<https://usermanual.wiki/Nanjing-Wiiking-3D-Technology/WIIBOOX>

<https://www.wiiboox.com/3d-printer-wii-boox-sweetin.php>

<https://www.youtube.com/watch?v=TWI73oxank4>

<https://www.wiibooxsweetin.com/>

<https://www.infobae.com/america/eeuu/2019/05/03/la-carne-vegana-de-bill-gates-y-leonardo-dicaprio-debuto-en-wall-street-y-sus-acciones-se-dispararon-un-163/>

<https://foodprint.org/issues/antibiotics-in-our-food-system/>

<https://ourworldindata.org/land-use>

<https://nocamels.com/2020/07/israel-3d-printing-alternative-meat-redefine/#:~:text=Israe%20startup%20Redefine%20Meat%20unveiled,in%20Israel%20later%20this%20year.>

<https://metro.co.uk/2020/06/30/worlds-first-3d-printed-vegan-steak-hitting-restaurants-soon-12924017/>

[https://www.youtube.com/watch?v=JtsyXMuGH-Bo&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?v=JtsyXMuGH-Bo&feature=emb_title)

<https://techcrunch.com/2019/09/05/novameat-has-a-platform-for-3d-printing-steaks-and-has-new-money-to-take-it-to-market/>

<https://www.techfoodmag.com/novameat-filete-de-carne-vegetal-3d/>

<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/project-soli-mini-radares-google-que-reconocen-movimientos-consigue-aprobacion-eeuu-para-su-puesta-marcha>

<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/detectando-movimiento-radar-diminuto-google-explica-como-funciona-soli-telefono-movil>

<https://www.eetimes.com/the-gesture-interface-a-compelling-competitive-advantage-in-the-technology-race/#>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZrcZct3ol3c>

<https://www.youtube.com/watch?v=NwkMu-H8xNbU>

<https://www.youtube.com/watch?v=TDTRPieVOjA>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZrcZct3ol3c>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Omek\\_Interactive](https://en.wikipedia.org/wiki/Omek_Interactive)

<https://www.youtube.com/watch?v=luzeYh-dLVE>

<https://www.youtube.com/watch?v=qIRjytgNuhM>